





SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 露光装置、露光方法、デバイスの製造方法

## 技術分野

- [0001] 本発明は、高集積半導体回路素子の製造のためのリソグラフィ工程のうち、転写工程で用いられる露光装置に関する技術である。

## 背景技術

- [0002] 半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。

近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が大いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度 $R$ 、及び焦点深度 $\delta$ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \cdots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \cdots (2)$$

ここで、 $\lambda$ は露光波長、 $NA$ は投影光学系の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$ はプロセス係数である。式(1)、(2)より、解像度 $R$ を高めるために、露光波長 $\lambda$ を短くして、開口数 $NA$ を大きくすると、焦点深度 $\delta$ が狭くなることが分かる。

- [0003] 焦点深度 $\delta$ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に

開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$  ( $n$ は液体の屈折率で通常1.2〜1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものである。

本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、下記パンフレットの開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

特許文献1: 国際公開第99/49504号パンフレット

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0004] ところで、投影光学系の下面と基板表面との間の液体は、投影光学系と基板とを相対移動させると、液浸領域の液体が基板の移動に方向に引き摺られて移動し始める。特に、スループットを向上させるために、高速に相対移動させると、液体が投影光学系の下面から剥がれてしまうという現象が発生する。このため、液浸領域に供給する液体の流量を増加させて、投影光学系の下面からの液体の剥離を防止している。
- しかしながら、液体の流量を増加させると、液体の移動に伴う振動や気泡が発生して、回路パターン形成に支障を来してしまうという問題がある。

- [0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、投影光学系の下面と基板表面との間に配置される液体が、投影光学系と基板との相対移動に伴って投影光学系の下面から剥離することを防止することができる露光装置、露光方法、及びデバイスの製造方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0006] 本発明に係る露光装置、露光方法、及びデバイスの製造方法では、上記課題を解決するために以下の手段を採用した。

第1の態様は、基板(W)上の一部に液体(L)を供給して液浸領域(AR2)を形成し、前記液体を介して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置(EX)において、前記液浸領域の外周に、前記基板上に液体の一部を保持可能な予備液浸領域(AR3)が形成されるようにした。

また、投影光学系(PL)を有し、該投影光学系と前記基板(W)との間に位置する液体

(L)及び前記投影光学系を介して前記基板の露光を行うことで前記所定のパターンを形成し、前記液浸領域(AR2)及び前記予備液浸領域(AR3)の液体は、前記投影光学系と前記基板とが相対移動した際に、相対移動の方向に応じて、それぞれの領域(AR2、AR3)の液体の一部が他方の領域(AR2、AR3)に移動できるようにした。

[0007] また、予備液浸領域(AR3)の液体(L)が、液浸領域(AR2)の外周に所定の間隔を空けて設けられた液体保持部(80, 90)により保持されるようにした。

また、液体保持部(80, 90)が、投影光学系(PL)の下面(PLa)に形成された略円環形の溝部(70)の外周に設けられるようにした。

液体保持部(80, 90)としては、例えば、略円環形の壁部(80)で構成することができる。

また、液体保持部(80, 90)を略円環形に配置された複数の突起部(90)で構成することもできる。

また、液体保持部(80, 90)が、弾性材料により形成されるようにした。

また、液体保持部(80, 90)が複数設けられるようにした。

また、液体保持部(80, 90)に親液性領域が形成されるようにした。

[0008] また、液体保持部(80, 90)の外周に液体を回収する液体回収部(24)が設けられるようにした。

また、溝部(70)の底面(70b)に液体(L)を回収する液体回収部(23)が設けられるようにした。

[0009] 基板(W)と投影光学系(PL)との間を液体(L)で満たし、投影光学系(PL)と液体(L)とを介して基板(W)上にパターン像を投影することによって基板(W)を露光する露光装置(EX)において、投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含み、露光動作中は常に液体(L)で満たされる液浸領域(AR2)と、液浸領域(AR2)の外周に設けられた予備液浸領域(AR3)とを備え、予備液浸領域(AR3)は、露光中、液体(L)が存在する第1領域と液体(L)が存在しない第2領域が形成されるとともに、露光動作に伴って予備液浸領域(AR3)内における第1領域と第2領域の位置が変化するようにした。

[0010] 本発明はまた、基板(W)上の一部に液体(L)を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介してパターン像を前記基板上に投影して該基板を露光する露光装置(EX)であって、前記液浸領域は、前記パターン像が投影される領域を含む第1領域(AR2)と、該第1領域に隣接し、該第1領域との間で前記液体が相互に移動可能な第2領域(AR3)と、を含む露光装置も提供する。

本発明は更に、基板(W)上の一部に液体(L)を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介してパターン像を前記基板上に投影して該基板を露光する露光装置(EX)であって、前記液浸領域を形成するための液体保持部材(60)を備え、前記液浸領域は、露光時に常に液体が保持される第1領域(AR2)と、露光時に前記液浸保持部材との間で相対移動可能な第2領域(AR3)と、を含む露光装置を提供する。

[0011] 第2の態様は、投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含む基板(W)上の一部に液体(L)を供給して液浸領域(AR2)を形成し、投影光学系(PL)と基板(W)との間に位置する液体(L)及び投影光学系(PL)を介してパターンの像を基板(W)上に投影して、基板(W)を露光する露光方法において、液浸領域(AR2)の外周に形成された予備液浸領域(AR3)に、基板(W)上に供給された液体(L)の一部を配置する工程を有するようにした。

[0012] また、予備液浸領域(AR3)に液体(L)の一部を配置する工程が、基板(W)の露光に先立って行われるようにした。

また、液浸領域(AR2)及び予備液浸領域(AR3)に液体(L)を供給及び回収する工程を含み、液浸領域(AR2)及び予備液浸領域(AR3)に供給される液体量が回収される液体量よりも多くなるようにした。

[0013] 第3の態様は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の態様の露光装置(EX)、或いは第2の態様の露光方法を用いるようにした。

#### 発明の効果

[0014] 本発明によれば以下の効果を得ることができる。

第1の態様は、基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置において、前記液浸領域の

外周に、前記基板上に液体の一部を保持可能な予備液浸領域が形成されるようにした。これにより、液浸領域の外周に更に液体を保持する予備液浸領域が形成されるので、例えば、液浸領域の液体の量が不足した場合には、予備液浸領域の液体が液浸領域に供給されるので、液量不足による露光不良を回避することができる。

また、投影光学系を有し、該投影光学系と前記基板との間に位置する液体及び前記投影光学系を介して前記基板の露光を行うことで前記所定のパターンを形成し、前記液浸領域及び前記予備液浸領域の液体は、前記投影光学系と前記基板とが相対移動した際に、相対移動の方向に応じて、それぞれの領域の液体の一部が他方の領域に移動するようにしたので、投影光学系と基板との相対移動に伴い液浸領域の液体が投影光学系の下面から移動し始めても、予備液浸領域の液体が投影光学系の下面に供給されるので、特別な処理を行うことなく、常に投影光学系の下面を液体で満たすことができる。

[0015] また、予備液浸領域の液体が、液浸領域の外周に所定の間隔を空けて設けられた液体保持部により保持されるようにしたので、簡易な機構により液浸領域の外周に確実に予備液浸領域を形成することができるので、装置コストの上昇を抑えることができる。

また、液体保持部が、投影光学系の下面に形成された略円環形の溝部の外周に設けられるようにしたので、簡単な構造により、液体を保持する2つの部位、すなわち投影光学系の下面と液体保持部とを物理的に離間させることができ、容易に液浸領域と予備液浸領域を形成することができる。

また、液体保持部が、略円環形の壁部で構成されるようにしたので、簡単な構造で液浸領域の外周で液体を保持することができる。

また、液体保持部が、略円環形に配置された複数の突起部で構成されるようにしたので、簡単な構造で液浸領域の外周で液体を保持することができる。

また、液体保持部が、弾性材料により形成されるようにしたので、液体保持部と基板等との干渉が発生した際の基板等の損傷を最小限に抑えることができる。

また、液体保持部が複数設けられようにしたので、より確実に液体を保持することができ、予備液浸領域の外側への液体の漏れを防止して、露光装置の不具合を防止

することができる。

また、液体保持部に親液性領域が形成されるようにしたので、液体の分子と結合しやすくなり、液体との密着性が増して、液体保持力が増加する。これにより、予備液浸領域の外側への液体の漏れを防止して、露光装置の不具合を防止することができる。

[0016] また、液体保持部の外周に液体を回収する液体回収部が設けられるようにしたので、予備液浸領域の外側に漏れ出した液体を回収することができ、露光装置の不具合を防止することができる。

また、溝部の底面に液体を回収する液体回収部が設けられるようにしたので、液浸領域及び予備液浸領域の液体をより回収しやすくなり、予備液浸領域の外側への液体の漏れが防止でき、露光装置の不具合を防止することができる。

[0017] また、基板と投影光学系との間を液体で満たし、投影光学系と液体とを介して基板上にパターン像を投影することによって基板を露光する露光装置において、投影光学系の投影領域を含み、露光動作中は常に液体で満たされる液浸領域と、液浸領域の外周に設けられた予備液浸領域とを備え、予備液浸領域は、露光中、液体が存在する第1領域と液体が存在しない第2領域が形成されるとともに、露光動作に伴って予備液浸領域内における第1領域と第2領域の位置が変化するようにした。これにより、液浸領域の外周に形成された予備液浸領域の液体が基板の移動に伴ってその位置を変化させて、例えば、液浸領域の液体の量が不足した場合には、予備液浸領域の液体が液浸領域に供給し、一方、液浸領域から漏れ出した液体を回収することにより、液浸領域を常に液体で満たすことができる。

[0018] 第2の態様は、投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、投影光学系と基板との間に位置する液体及び投影光学系を介してパターン像を基板上に投影して、基板を露光する露光方法において、液浸領域の外周に形成された予備液浸領域に、基板上に供給された液体の一部を配置する工程を有するようにした。これにより、液浸領域の液体の量が不足した際に、予備液浸領域の液体が液浸領域に供給されるので、液量不足による露光不良を回避することができ、歩留まりを向上させることができる。



[0019] また、予備液浸領域に液体の一部を配置する工程が、基板の露光に先立って行われるようにしたので、露光処理の当初から液量不足による露光不良を回避することができ、歩留まりを向上させることができる。

また、液浸領域及び予備液浸領域に液体を供給及び回収する工程を含み、液浸領域及び予備液浸領域に供給される液体量を回収される液体量よりも多くしたので、液体の一部が液浸領域から溢れだすが、予備液浸領域により保持されるので、液体の漏れによる露光装置の不具合が回避できる。したがって、液浸領域の液量を厳密に一定に制御する必要がなくなり、流量制御が容易になる。

[0020] 第3の態様は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の態様の露光装置、或いは第2の態様の露光方法を用いるようにした。これにより、露光不良の発生が抑制され、歩留まりを向上させることができる。したがって、デバイスの製造コストを抑えることができる。

#### 図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明に係る露光装置を示す概略構成図。

[図2A]液浸領域近傍を示す拡大図であって、投影光学系PLを含む側面断面図。

[図2B]投影光学系PLの下面側をウエハステージWST側から見た図。

[図3A]投影光学系の下面側をウエハステージ側から見た斜視図。

[図3B]変形例において、液浸領域近傍を示す拡大図であって、投影光学系PLを含む側面断面図。

[図4]露光開始時に液浸領域及び予備液浸領域に配置される液体の形状例を示す図。

[図5]液浸領域及び予備液浸領域の液体の移動の様子を示す図。

[図6]溝部の変形例を示す図。

[図7A]壁部の変形例を示す図。

[図7B]壁部の別の変形例を示す図。

[図8A]溝部の底面に液体を回収する液体回収機構を設けた例を示す図であって、投影光学系PLを含む側面断面図。

[図8B]同例において、投影光学系PLの下面側をウエハステージWST側から見た図

。

[図9A]予備液浸領域を形成する壁部等を複数設けた例を示す図であって、投影光学系PLを含む側面断面図。

[図9B]同例において、投影光学系PLの下面側をウエハステージWST側から見た図

。

[図10]半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図。

### 符号の説明

[0022] 23 回収口(液体回収部)、24 回収ノズル(液体回収部)、70 溝部、70b 底面、80 壁部(液体保持部)、90 突起部(液体保持部)、EX 露光装置、PL 投影光学系、PLa 下面、AR1 投影領域、AR2 液浸領域、AR3 予備液浸領域、L 液体、R レチクル(マスク)、AR パターン、W ウエハ(基板)。

### 発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下、本発明の露光装置、露光方法、及びデバイスの製造方法の実施形態について図を参照して説明する。

図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。図1において、露光装置EXは、デバイスパターンが形成されたレチクル(マスク)Rを支持するレチクルステージRSTと、感光性材料であるフォトリソが塗布されたウエハ(基板)Wを支持するウエハステージWSTと、レチクルステージRSTに支持されているレチクルRを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたレチクルRのパターンARの像をウエハステージWSTに支持されているウエハWに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備える。

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてレチクルRとウエハWとを走査方向における互いに異なる向き(逆方向)に同期移動しつつレチクルRに形成されたパターンARをウエハWに露光する走査型露光装置(所謂スキャニングステッパ)を使用する場合を例にして説明する。また、以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でレチクルRとウエハWとの同期移動方向(走査方向)をX軸方向、Z軸方向及びX軸方向に垂直な方向(非走査方向)をY軸方向とする。

更に、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び $\theta Z$ 方向とする。

[0024] また、露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、ウエハW上に液体Lを供給する液体供給機構10と、ウエハW上の液体Lを回収する液体回収機構20とを備える。

そして、露光装置EXは、少なくともレチクルRのパターンARの像をウエハW上に転写している間は、液体供給機構10から供給した液体Lにより投影光学系PLの投影領域AR1を含むウエハW上の一部に液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの先端(下端)部の光学素子2とウエハWの表面との間に液体Lを満たして液浸領域AR2を形成する。また、投影光学系PLの先端部における光学素子2の外周にも液体Lを満たして予備液浸領域AR3を形成する。そして、投影光学系PL及び液浸領域AR2の液体Lを介してレチクルRのパターンARの像をウエハW上に投影し、ウエハWを露光する。

なお、液体供給機構10から液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3に液体Lを供給するとともに、液体回収機構20により液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3の液体Lを回収することにより、液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3の液体Lは常に循環されて、液体Lの汚染防止や温度管理等が厳密に行われる。

また、本実施形態において、液体Lには純水が用いられる。純水は、例えば、水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)等の真空紫外光(VUV光)を透過可能である。

[0025] 照明光学系ILはレチクルステージRSTに支持されているレチクルRを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるレチクルR上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等(いずれ不図示)を有している。そして、レチクルR上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。

照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)や、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF<sub>2</sub>レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

- [0026] レチクルステージRSTはレチクルRを支持するものであって、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及びθZ方向に微小回転可能である。レチクルステージRSTは、制御装置CONTにより制御されたリニアモータ等のレチクルステージ駆動部RSTDにより駆動される。

レチクルステージRST上には移動鏡50が設けられ。また、移動鏡50に対向する位置にはレーザ干渉計51が設けられる。そして、レチクルステージRST上のレチクルRの2次元方向の位置及び回転角は、レーザ干渉計51によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。

そして、制御装置CONTはレーザ干渉計51の計測結果に基づいてレチクルステージ駆動部RSTDを駆動することでレチクルステージRSTに支持されているレチクルRの位置決めを行う。

- [0027] 投影光学系PLはレチクルRのパターンARを所定の投影倍率 $\beta$ でウエハWに投影露光するものであって、ウエハW側の先端部に設けられた光学素子2を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒PKで支持される。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 $\beta$ が例えば1/4あるいは1/5の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系PLの先端部の光学素子2は鏡筒PKに対して着脱(交換)可能に設けられており、光学素子2には液浸領域AR2の液体Lが接触する。

光学素子2は螢石で形成される。螢石は水との親和性が高いので、光学素子2の液体接触面2aのほぼ全面に液体Lを密着させることができる。すなわち、光学素子2の液体接触面2aとの親和性が高い液体(水)Lを供給するようにしているので、光学素子2の液体接触面2aと液体Lとの密着性が高く、光学素子2とウエハWとの間の光路を液体Lで確実に満たすことができる。なお、光学素子2は水との親和性が高い石

英であつてもよい。また光学素子2の液体接触面2aに親水化(親液化)処理を施して、液体Lとの親和性をより高めるようにしてもよい。

また、光学素子2を取り囲んで保持する鏡筒PKの下面(以下、液体接触面PKaという)は、親液性の高い材料、例えば、アルマイト処理を施したアルミニウム等で形成され、液体Lとの親和性が高められる。これにより、光学素子2及び鏡筒PKの液体接触面2a, PKaとからなる投影光学系PLの下面PLaとウエハWとの間を液体Lで確実に満たすことができる。

[0028] また、投影光学系PLの下端部には、鏡筒PKを取り囲むように円環形の予備液浸領域形成部材60(図1では図示略)が固着される。そして、予備液浸領域形成部材60の下面の一部とウエハWとの間に液体Lが供給されて予備液浸領域AR3が形成される。鏡筒PKと同様に、予備液浸領域形成部材60は、親液性の高い材料で形成され、液体Lとの親和性が高められる。これにより、予備液浸領域形成部材60とウエハWとの間に満たされる液体Lで確実に保持し、予備液浸領域形成部材60の外側への液漏れを抑制する。

なお、予備液浸領域形成部材60には、後述する液体供給機構10の供給口13と、液体回収機構20の回収口23が形成され、供給口13及び回収口23を介して、液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3の液体Lが供給及び回収される。

なお、予備液浸領域形成部材60は、本実施形態に示すように、鏡筒PKと異なる部材により形成して、投影光学系PLの下端部に固定してもよいし、或いは鏡筒PKに一体に形成してもよい。

[0029] ウエハステージWSTはウエハWを支持するものであって、ウエハWをウエハホルダを介して保持するZステージ52と、Zステージ52を支持するXYステージ53と、XYステージ53を支持するベース54とを備えている。ウエハステージWSTは、制御装置CONTにより制御されるリニアモータ等のウエハステージ駆動部WSTDにより駆動される。そして、Zステージ52を駆動することにより、Zステージ52に保持されているウエハWのZ軸方向における位置(フォーカス位置)、及び $\theta X$ 、 $\theta Y$ 方向における位置が制御される。

また、XYステージ53を駆動することにより、ウエハWのXY方向における位置(投影

光学系PLの像面と実質的に平行な方向の位置)が制御される。すなわち、Zステージ52は、ウェハWのフォーカス位置及び傾斜角を制御してウェハWの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ53はウェハWのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてもよい。

ウェハステージWST(Zステージ52)上には移動鏡55が設けられ、また、移動鏡55に対向する位置にはレーザ干渉計56が設けられる。そして、ウェハステージWST上のウェハWの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計56によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。

そして、制御装置CONTはレーザ干渉計56の計測結果に基づいてウェハステージ駆動部WSTDを駆動することでウェハステージWSTに支持されているウェハWの位置決めを行う。

[0030] また、ウェハステージWST(Zステージ52)上には、ウェハWを囲むように補助プレート57が設けられている。補助プレート57はウェハホルダに保持されたウェハWの表面とほぼ同じ高さの平面を有している。なお、ウェハWのエッジと補助プレート57の間には1〜2mm程度の隙間があるが、液体Lの表面張力によりその隙間に液体Lが流れ込むことはほとんどなく、ウェハWの周縁近傍を露光する場合にも、補助プレート57により投影光学系PLの下面PLaに液体Lを保持することができる。

[0031] 液体供給機構10は、所定の液体LをウェハW上に供給するものであって、液体Lを供給可能な液体製造部11と、ウェハWの表面に近接して配置された複数の供給口13と、液体製造部11と各供給口13を接続する供給管12とを備える。なお、複数の供給口13は、上述した予備液浸領域形成部材60に形成される。また、液体製造部11は、純水(液体L)を製造する超純水装置、液体Lを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管12及び供給口13を介してウェハW上に液体Lを供給する。

なお、液体供給機構10を構成する各部材のうち少なくとも液体Lが流通する部材は、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成される。これにより、液体Lに不純物が含まれることを抑制できる。

そして、液体製造部11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体製造部11によるウェハW上に対する単位時間あたりの液体供給量の制御が可能である。

[0032] 液体回収機構20はウェハW上の液体Lを回収するものであって、液体Lを吸引可能な液体吸引部21と、ウェハWの表面に近接して配置された複数の回収口23及び回収ノズル24と、液体吸引部21と各回収口23及び回収ノズル24とを接続する回収管22とを備える。(図1では省略されているが、回収口23も回収管22に接続されている。)なお、複数の回収口23は、上述した予備液浸領域形成部材60に形成される。また、液体吸引部21は、例えば真空ポンプ等の吸引装置、及び回収した液体Lを収容するタンク等を備えており、ウェハW上の液体Lを回収口23及び回収管22を介して吸引、回収する。

なお、液体供給機構10と同様に、液体Lに不純物が含まれることを抑制するために、液体回収機構20を構成する各部材のうち少なくとも液体Lが流通する部材は、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成される。

そして、液体吸引部21の液体回収動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体吸引部21による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。

[0033] 図2A及び2Bは、液浸領域AR2近傍を詳細に示す拡大図であり、図2Aは投影光学系PLを含む側面断面図、図2Bは投影光学系PLの下面側をウェハステージWS T側から見た図である。また、図3Aは、投影光学系PLの下面側をウェハステージWS T側から見た斜視図である。

図2A及び2B、図3Aに示すように、投影光学系PLの下端部には、液浸領域AR2を形成する光学素子2と鏡筒PKの一部が配置される。

また、投影光学系PLの下端部の外周には、予備液浸領域AR3を形成する予備液浸領域形成部材60が配置される。予備液浸領域形成部材60の下面60aの内周側には、円環形の溝部70と、溝部70の外側に配置された円環形の壁部80(円環状の凸部)が形成される。

溝部70は、鏡筒PKを取り囲み、投影光学系PLの下面PLaからZ方向に所定の間

隔だけ窪むように形成される。

壁部(液体保持部)80は、液浸領域AR2を形成する投影光学系PLの下面PLaから半径方向に所定の間隔を空けて、且つ投影光学系PLの下面PLaを取り囲むように、溝部70の底面70bからウエハWに向けて立設される。なお、壁部80の下面80aとウエハWとの距離が、投影光学系PLの下面PLaとウエハWとの距離と略同一となるように形成される。ただし、両者は距離は異なってもよい。例えば、壁部80の下面80aとウエハWとの距離を、投影光学系PLの下面PLaとウエハWとの距離よりも小さくするようにしてもよいし、その逆の関係にしてもよい。なお、壁部80の下面80aとウエハWとの距離は、できるだけ近い(狭い)方が好ましい。距離が近いほど液体Lの表面張力により液体Lを確実に保持でき、外側への液漏れを防止できるからである。しかしながら、壁部80の下面80aとウエハWとの距離が近いほど、ウエハW等との干渉の可能性があるので、本実施形態に示すように、壁部80の下面80aが投影光学系PLの下面PLaと略同一の位置(Z方向)となるように形成したり、或いは壁部80をゴム等の弾性材料で形成したりしてもよい。

また、壁部80の下面80aの面積は、液体Lの保持量などの条件に応じて設定される。例えば、下面80aの面積が大きい程、液体Lとの接触面積が増えて保持できる液体Lの液量が増す。なお、下面80aは、必ずしも平坦である必要はない。例えば、半球形等であってもよい。表面張力により液体Lが保持できればよいからである。

また、壁部80と液浸領域AR2との間隔、すなわち溝部70の幅を調整することによっても保持できる液体Lの液量を増減させることができる。

例えば、保持する液体Lの量にもよるが、壁部80の下面80aとウエハWとの距離に対して下面80aの幅を5倍以上に設定してもよい。また、壁部80の下面80aとウエハWとの距離に対して溝部70の幅を5倍以上に設定してもよい。この場合、壁部80の下面80aとウエハWとの距離を1〜2mmに設定したとすると、下面80aの幅は5〜10mmまたはそれ以上に設定すればよく、溝部70の幅についても5〜10mmまたはそれ以上に設定すればよい。

[0034] 溝部70の底面70bには、液体LをウエハW上に供給する液体供給機構10の一部である供給口13と、ウエハW上の液体Lを回収する液体回収機構20の一部である



回収口23とが形成される。

供給口13は、図2B及び図3Aに示すように、溝部70の底面70bであって、ウエハWの走査方向の両側(+X方向、-X方向)に、投影光学系PLの鏡筒PKの外周に沿った2つのアーチ形のスリット孔として形成される。

また、回収口23は、図2B及び図3Aに示すように、溝部70の底面70bであって供給口(液体回収部)13の外周に、略円環形のスリット孔として形成される。回収口23を略円環形に形成するのは、ウエハW上の液体Lを漏れなく回収するためである。なお、回収口23が形成される溝部70の底面70bは、図3Bに示すように、多孔体25で形成してもよい。多孔体25を介して液体Lを回収することにより、回収管22に気体(空気)を吸い込みづらくなり、気泡混入に伴う振動発生を防止できるからである。

また、溝70の底面70bを全周にわたって多孔体25としておき、この多孔体25に接続された回収口23から液体Lを回収するようにしてもよい。その際、例えば、回収口23に接続された液体排出機構20(図9A、図9Bでは図示略、図1参照)によって一定の圧力で液体Lを吸い込むようにしておくと、予備液浸領域AR3内の液体Lが増減して多孔体25と液体Lとの接触面積が変化しても、多孔体25と接触した部分では常に液体Lの回収が行われるので、液体Lの所定領域外への流出を防止できる。そして、液体Lの回収は常に多孔体25を介して行われるので回収管22に気体が吸い込まれ難くなり、気泡混入に伴う振動発生も防止できる。

更に、壁部80の外周にも、液体Lを回収する複数の回収ノズル(液体回収部)24が配置される。壁部80の外周側に漏れ出した液体Lを回収し、露光装置EXの不具合発生を防止するためである。回収ノズル24の形状、配置、数量等は、液漏れの量等に応じて適宜、変更可能である。

[0035] そして、供給口13からウエハW上に液体Lを供給することにより、光学素子2及び鏡筒PKの液体接触面2a, PKaからなる投影光学系PLの下面PLaとウエハWとの間に液体Lが満たされて、液浸領域AR2が形成される。なお、液浸領域AR2は、図2Bに示すように、Y軸方向(非走査方向)を長手方向とする矩形状に設定された投影光学系PLの投影領域AR1を含む。上述したように、光学素子2及び鏡筒PKの液体接触面2a, PKaは、液体Lとの親和性が高い材料で形成されるので、液体Lと密着して、

液体Lを液体Lの表面張力により保持する。

更に、供給口13からウエハW上に供給した液体Lは、予備液浸領域形成部材60の下面60aとウエハWとの間であって、壁部80に取り囲まれた領域の一部にも流れ込み、この領域が液体Lで満たされて、予備液浸領域AR3が形成される。なお、液浸領域AR2の外周領域は、全領域が常に液体で満たされるわけではなく、その一部が液体Lで満たされて、予備液浸領域AR3が形成される(図4参照)。

このように、液浸領域AR2の外周に溝部70と、更にその外側に所定の隙間を空けて壁部80を設けたので、液浸領域AR2の外周に更に液体Lを保持する予備液浸領域AR3が形成される。

なお、液浸領域AR2の液体Lと予備液浸領域AR3の液体Lとは、密接しており、液体Lは液浸領域AR2と予備液浸領域AR3の間を行き来(流通)可能である。なぜならば、光学素子2等と同様に、壁部80及び溝部70は、液体Lとの親和性(親液性)が高い材料で形成されるので、液浸領域AR2の液体Lと予備液浸領域AR3の液体Lとが離間することなく、連続的に連通した状態となるからである。

また、予備液浸領域AR3の周囲(液浸領域AR2に接しない側)は、ウエハステージWSTや投影光学系PLが設置される空間内の気体(例えば、空気や窒素ガス等の不活性ガス)と接した状態になる。

[0036] 次に、上述した露光装置EXを用いてレチクルRのパターンARの像をウエハWに露光する方法について図を用いて説明する。

図4は、露光開始時に液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3に配置される液体Lの形状例を示す図である。図5は、液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3の液体Lの移動の様子を示す図である。

まず、レチクルRがレチクルステージRSTにロードされるとともに、ウエハWがウエハステージWSTにロードされると、走査露光処理を行うに際し、制御装置CONTは液体供給機構10を動作させて、ウエハW上に対する液体供給動作を開始する。

液体供給機構10を動作させると、液体製造部11から供給された液体Lは、供給管12を流通した後、予備液浸領域形成部材60の溝部70の底面70bにおける走査方向の両側に形成した供給口13から同時にウエハW上に供給される。ウエハW上に供

給された液体Lは、鏡筒PKの表面に沿って流れ、投影光学系PLの下面PLaの領域を液体Lで満たし、液浸領域AR2を形成する。

更に、液浸領域AR2を形成した後も、液体Lを供給し続け、図4に示すように、液浸領域AR2の外周領域の一部も液体Lで満たし、予備液浸領域AR3を形成する。

そして、液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3を形成した後は、液体回収機構20も動作させて、液体Lの供給量と回収量とが略同一或いは供給量が回収量をやや上回る程度に設定して、その状態を維持する。

このようにして、露光開始時には、例えば、液浸領域AR2の液体Lの約10〜20%程度以上と同量の液体Lが予備液浸領域AR3に配置される。

[0037] 次に、各種の露光条件が設定された後に、制御装置CONTの管理の下で、レチクル顕微鏡及びオフアクシス・アライメントセンサ等(ともに不図示)を用いたレチクルアライメント、アライメントセンサのベースライン計測等の所定の準備作業が行われる。その後、アライメントセンサを用いたウエハWのファインアライメント(エンハンスト・グローバル・アライメント(EGA)等)が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

ウエハWの露光のための準備作業が終了すると、制御装置CONTがアライメント結果に基づいてウエハW側のレーザ干渉計56の計測値をモニタしつつ、ウエハWのファーストショット(第1番目のショット領域)の露光のための加速開始位置(走査開始位置)に、ウエハステージ駆動部WSTDに指令してウエハステージWSTを移動させる。

次いで、制御装置CONTがレチクルステージ駆動部RSTD及びウエハステージ駆動部WSTDに指令して、レチクルステージRST及びウエハステージWSTとのX軸方向の走査を開始し、レチクルステージRST、ウエハステージWSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、露光光ELによってレチクルRのパターン領域が照射され、走査露光が開始される。

そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が露光光ELで逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上のファーストショット領域に対する走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンARが投影光学

系PL及び液体Lを介してウエハW上のファーストショット領域のレジスト層に縮小転写される。

このファーストショット領域に対する走査露光が終了すると、制御装置CONTにより、ウエハステージWSTがX、Y軸方向にステップ移動し、セカンドショット領域の露光のための加速開始位置に移動する。すなわち、ショット間ステッピング動作が行われる。

そして、セカンドショット領域に対して上述したような走査露光を行う。

このようにして、ウエハWのショット領域の走査露光と次ショット領域の露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRのパターンARが順次転写される。

[0038] ウエハWの露光処理が完了したら、液体供給機構10の動作を停止し、かつ液体回収機構20により液体Lの回収量を増やし、液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3の全ての液体Lを回収する。

そして、液体Lの回収後に、ウエハWの交換が行われ、新たなウエハWの露光処理が再開される。

このような処理を繰り返すことにより、複数のウエハWの露光が行われる。

[0039] 上述したように、露光装置EXは、走査露光時には、投影光学系PLに対して、レチクルRが-X方向(又は+X方向)に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ53を介してウエハWを+X方向(又は-X方向)に速度 $\beta \cdot V$ ( $\beta$ は投影倍率)で移動させる。更に、走査露光の後は、次ショット領域の露光のためのステッピング動作が繰り返し行われる。すなわち、所謂ステップ・アンド・スキャン方式でウエハWを移動させながら各ショット領域に対する走査露光処理を順次行う。

このように、投影光学系PLに対して、ウエハWがXY方向に移動すると、投影光学系PLの下面PLa、すなわち液浸領域AR2に配置された液体Lは、ウエハWの移動に引きずられて、ウエハWの移動方向に移動し始める。特に、露光走査時には、ウエハWが高速移動(例えば、300mm/s程度)するので、液体Lの移動量が大きくなる。

従来の露光装置では、液体LがウエハWとともに移動すると、投影光学系PLの下

面PLaの一部(ウエハWの移動方向の反対側)において、液体Lの剥離が発生し、これにより露光光ELの波長が変化して、露光不良が発生するおそれがあった。

しかしながら、本実施形態の露光装置EXにおいては、液浸領域AR2の外周に更に予備液浸領域AR3を設けたため、図5に示すように、ウエハWが移動すると、液浸領域AR2の液体LがウエハWの移動方向の予備液浸領域AR3に流れ込む。それと同時に、ウエハWの移動方向の反対側の予備液浸領域AR3の液体Lが液浸領域AR2に流れ込む。

すなわち、予備液浸領域AR3が液浸領域AR2の予備タンクのように機能して、ウエハWの移動に伴って、液浸領域AR2から溢れた液体Lを回収し、一方では液浸領域AR2に向けて液体Lを供給する。これにより、液浸領域AR2の液体Lの不足を補い、常に液浸領域AR2を液体Lで満たすことができる。なお、予備液浸領域AR3が形成される領域、すなわち壁部80に囲まれた領域は、全領域が完全に液体Lで満たされていないので、液浸領域AR2から予備液浸領域AR3に回収された液体Lが壁部80の外側に漏れだすことなく、壁部80に囲まれた領域内に留まることができる。

そして、更に、ウエハWの移動方向が反転した場合等には、予備液浸領域AR3に回収された液体Lが液浸領域AR2に戻され、一方、液浸領域AR2の液体Lが予備液浸領域AR3に戻されるように移動する。また、ウエハWが非走査方向に往復移動する場合や、走査方向の移動と非走査方向の移動を繰り返すような場合であっても、同様に液体Lは、液浸領域AR2と予備液浸領域AR3との間で行き来して、常に液浸領域AR2を液体Lで満たすことができる。

このように、液浸領域AR2の外周に更に予備液浸領域AR3を設けることにより、ウエハWの移動に伴う液浸領域AR2の液体Lの不足を容易かつ確実に回避して、液浸領域AR2を常に液体Lで満たすことができる。また、ウエハWの移動方向が変化しても、液浸領域AR2と予備液浸領域AR3に配置された液体Lが互いに液浸領域AR2と予備液浸領域AR3との間を行き来して、常に投影光学系PLの下面PLaを液体Lで満たし、露光光ELの波長を一定に維持することができる。これにより、露光不良の発生を防止できる。

したがって、従来の露光装置のように、ウエハWの移動方向や速度に応じて、複数

の供給口から供給する液体Lの流量を供給口毎に個別に制御する等の特別な処理を行う必要がなくなり、制御装置CONTへの負担を少なくすることができ、露光装置EXの設備コストを抑えることができる。

- [0040] ところで、露光処理中に液浸領域AR2及び予備液浸領域AR3に配置される液体Lの液量は、常に一定である必要はない。つまり、液体供給機構10から供給される液体Lの供給量と液体回収機構20により回収される液体Lの回収量とが同一であってもよいし、供給量を回収量よりも多くしてもよい。例えば、露光開始時には、予備液浸領域AR3に液浸領域AR2の液体Lの約10～20%程度の液量と同量の液体Lを配置し、露光処理中には予備液浸領域AR3に供給される液体Lを徐々に増やし、そして、ウエハWの露光処理が完了時には予備液浸領域AR3が完全に液体Lで満たされるようにしてもよい。

このように、液体Lの供給量を回収量よりも多くすることができると、従来の露光装置の場合のように、液浸領域AR2からの液漏れ及び液体不足を防止するために供給量と回収量とを厳密に略一定に制御する必要がなくなり、制御装置CONTへの負担が少なくなる。

したがって、露光装置EXにおいては、液体Lの供給量が回収量を下回らないことに注意しつつ、露光処理に伴う液体Lの温度上昇が所定範囲内となるように最低限の流量制御を行えばよく、露光装置EXの制御(運転)が容易化できる。

また、ウエハWに傷等があると、このウエハW上に液体Lが供給された際に、液体L内に気泡が発生する場合がある。そして、ウエハWの移動に伴って、この気泡が液浸領域AR2に達すると、露光に影響を与える可能性がある。しかしながら、本実施形態によると、気泡が予備液浸領域AR3の外側に位置する場合では、ウエハWの移動に伴ってウエハWに生じた気泡が液浸領域AR2に向かってきても、その手前に位置する予備液浸領域AR3で気泡を補足することができる。そのため、気泡の液浸領域AR2への侵入を阻止でき、露光への影響を回避することができる。

- [0041] 以上説明したように、投影光学系PLの下面PLaを常に液体Lで満たすことができる。そして、液体Lが純水であることから、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウエハW上のフォトリソグラフィや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない

利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、ウェハWの表面、及び投影光学系PLの下面PLaを洗浄する作用も期待できる。

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率 $n$ はほぼ1.47であるため、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光(波長193nm)を用いた場合には、ウェハW上では $1/n$ 、すなわち約131nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 $n$ 倍、すなわち約1.47倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

[0042] なお、上述した実施の形態において示した動作手順、あるいは各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲においてプロセス条件や設計要求等に基づき種々変更可能である。本発明は、例えば以下のような変更をも含むものとする。

なお、図6は溝部70の変形例を示す図、図7A及び7Bは壁部80の変形例を示す図、図8A及び8Bは供給ノズル14を壁部80の外周に配置した例を示す図、図9A及び9Bは予備液浸領域AR3を形成する壁部80等を複数設けた例を示す図である。

[0043] 予備液浸領域AR3に配置される液体Lの量(保持量)は、ウェハWの移動速度によって調整することが望ましい。ウェハWの移動速度が高速である程、液浸領域AR2と予備液浸領域AR3との間を移動する液体Lの液量が多くなるため、多量の液体Lを予備液浸領域AR3で保持すべきだからである。

例えば、非走査方向のウェハWの移動速度が走査方向の移動速度に比べて高速の場合には、図6に示すように、走査方向の溝部70の幅を非走査方向の幅よりも大きくしてもよい。

[0044] また、本実施形態では、壁部80が円環形に閉じた形状の場合について説明したが、これに限らない。図7Aに示すように、壁部80に隙間が形成されていてもよい。液体Lの表面張力により液体Lが保持される程度の隙間であれば液漏れの問題がないからである。このように、壁部80に隙間を形成した場合には、その隙間に回収ノズル24

を配置してもよい。

また、略円環形の壁部80に替えて、図7Bに示すように、略円環形に配置された複数の突起部(液体保持部)90を形成してもよい。各突起部90の間隔が十分に狭ければ、液体Lの表面張力により液体Lを保持することができるからである。

[0045] また、本実施形態では、溝部70の底面70bに液体供給機構10の供給口13及び液体回収機構20の回収口23を設ける場合について説明したが、図8A及び8Bに示すように、供給ノズル14及び回収ノズル24を壁部80の外周に配置してもよい。

また、図示しないが、供給口13及び回収口23を壁部80の下面80aに設けてもよい。

[0046] また、予備液浸領域AR3を形成する溝部70及び壁部80を複数設けてもよい。図9A及び9Bに示すように、壁部80の外周に更に液体Lを保持する壁部80等を複数設けることにより、予備液浸領域AR3の液体Lを保持する保持力が増加して、予備液浸領域AR3の外側への液漏れを防止することができるからである。

この場合、隣り合う溝部70同士の間にある壁部80の下面80aの幅を広く(面積を大きく)すると、液浸領域AR2での液体Lの保持に有用である。

その際、複数の壁部80における各下面80aの幅は全て等しくする必要はなく、例えば、内側の壁の下面の幅を広くしてもよいし、その逆の関係にしてもよい。

さらに、各壁部80は、その壁面がウェハWの表面と垂直になるように形成される必要はなく、ウェハWの表面と交差するような傾きをもった面であってもよい。

なお、図9A及び9Bに示すように、液体Lを供給する供給口13を最も内側の溝部70の底面70bに設け、一方、液体Lを回収する回収口23を2つめの溝部70の底面70bに設けるようにしてもよい。このように、供給口13及び回収口23の配置、数等は、適宜、変更可能である。

[0047] 上述した実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子2としてレンズが取り付けられており、このレンズにより投影光学系PLの光学特性、例えば収差(球面収差、コマ収差等)の調整を行うことができるが、光学素子2としてはレンズより安価な平行平板とすることも可能である。

光学素子2を平行平板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等に



において投影光学系PLの透過率、ウェハW上での露光光ELの照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質(例えばシリコン系有機物等)がその平行平板に付着しても、液体Lを供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体Lと接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光ELの照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体L中の不純物の付着などに起因して液体Lに接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト(ランニングコスト)の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

[0048] また、液体Lの流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子2とウェハWとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子2を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子2が動かないように堅固に固定してもよい。

[0049] また、上述した実施形態では、液体Lとして水を用いた場合について説明したが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源が $F_2$ レーザである場合には、 $F_2$ レーザ光は水を透過しないので、液体Lとしては $F_2$ レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体Lと接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理することが望ましい。

また、液体Lとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系PLやウェハW表面に塗布されているフォトリソレジストに対して安定なもの(例えばセダー油)を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体Lの極性に応じて行われる。

さらに、上述の実施形態では、投影光学系PLと基板Pとの間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置の構造及び露光動作については

、例えば、特開平6-124873号公報に、ステージ上に所定深さの液体槽を形成してその中に基板を保持する液浸露光装置については、例えば特開平10-303114号公報や米国特許第5,825,043号にそれぞれ開示されている。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報または米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、本発明は、特開平11-135400号に開示されているように、ウエハ等の被処理基板を保持して移動可能な露光ステージと、各種の計測部材やセンサを備えた計測ステージとを備えた露光装置にも適用することができる。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系PLの終端光学部材の射出側の光路空間を液体(純水)で満たしてウエハW(基板P)を露光する構成になっているが、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、投影光学系の終端光学部材の入射側の光路空間も液体(純水)で満たすようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記パンフレットにおける開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0050] なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9-1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク(レチクル)のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク(レチクル)のパターンからは、S偏光成分(TE偏光成分)、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が空気(気体)で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分(TE偏光成分)の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を超えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シ

フトマスクや特開平6-188169号に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法(特にダイポール照明法)などを適宜組み合わせるとより効果的である。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、1/4程度の縮小倍率の投影光学系PLを使って、微細なライン・アンド・スペースパターン(例えば25-50nm程度のL/S)を基板P上に露光するような場合、マスクMの構造(例えばパターンの微細度やクロムの厚み)によっては、Wave guide 効果によりマスクMが偏光板として作用し、コントラストを低下させるP偏光成分(TM偏光成分)の回折光よりS偏光成分(TE偏光成分)の回折光が多くマスクから射出されるようになる。この場合も、上述したような直線偏光照明を用いるのが望ましいが、ランダム偏光光でマスクMを照明しても、開口数NAが0.9-1.3のように大きい投影光学系を使って高い解像性能を得ることができる。

また、マスクM上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合には、Wire Grid効果によりP偏光成分(TM偏光成分)がS偏光成分(TE偏光成分)よりも大きくなる可能性もあるが、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、1/4程度の縮小倍率の投影光学系を使って、25nmより大きいライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような条件であれば、S偏光成分(TE偏光成分)の回折光がP偏光成分(TM偏光成分)の回折光よりも多くマスクから射出されるので、投影光学系の開口数NAが0.9-1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

さらに、マスク(レチクル)のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明(S偏光照明)だけでなく、光軸を中心とした円の接線(周)方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク(レチクル)のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

- [0051] また、ウェハWとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウェハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウェハ等が適用される。
- [0052] 露光装置EXとしては、レチクルとウェハとを同期移動してレチクルのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニングステッパ)の他に、レチクルとウェハとを静止した状態でレチクルのパターンを一括露光し、ウェハを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。また、本発明はウェハ上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。
- [0053] また、本発明は、特開平10-163099号公報及びこれに対応する米国特許6,341,007号、特開平10-214783号公報及びこれに対応する米国特許6,341,007号、特表2000-505958号公報及びこれに対応する米国特許5,696,441号などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。なお、本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。
- [0054] 露光装置EXの種類としては、ウェハに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。
- [0055] また、ウェハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。さらに、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット(永久磁石)と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側(ベース)に設ければよい。
- [0056] ウェハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報及びこれに対応する米国特許5,528,118号に記載されているようなフレーム部材を用いて機械

的に床(大地)に逃がすようにして投影光学系PLに伝わらないようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0057] レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報及びこれに対応する米国特許5,874,820号に記載されているようなフレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がすようにして投影光学系PLに伝わらないようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0058] また、本発明が適用される露光装置は、本願請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

[0059] また、半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図10に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

## 請求の範囲

- [1] 基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置において、  
前記液浸領域の外周に、前記基板上に液体の一部を保持可能な予備液浸領域が形成されることを特徴とする露光装置。
- [2] 投影光学系を有し、該投影光学系と前記基板との間に位置する液体及び前記投影光学系を介して前記基板の露光を行うことで前記所定のパターンを形成し、  
前記液浸領域及び前記予備液浸領域の液体は、前記投影光学系と前記基板とが相対移動した際に、相対移動の方向に応じて、それぞれの領域の液体の一部が他方の領域に移動することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [3] 前記予備液浸領域の液体は、前記液浸領域の外周に所定の間隔を空けて設けられた液体保持部により保持されることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [4] 前記液体保持部は、前記投影光学系の下面に形成された略円環形の溝部の外周に設けられることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [5] 前記液体保持部は、略円環形の壁部からなることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [6] 前記液体保持部は、略円環形に配置された複数の突起部からなることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [7] 前記液体保持部は、弾性材料により形成されることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [8] 前記液体保持部が複数設けられることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [9] 前記液体保持部には、親液性領域が形成されることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [10] 前記液体保持部の外周に前記液体を回収する液体回収部が設けられることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。
- [11] 前記溝部の底面に前記液体を回収する液体回収部が設けられることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。
- [12] 基板と投影光学系との間を液体で満たし、前記投影光学系と前記液体とを介して

前記基板上にパターン像を投影することによって前記基板を露光する露光装置であって、

前記投影光学系の投影領域を含み、露光動作中は常に前記液体で満たされる液浸領域と、前記液浸領域の外周に設けられた予備液浸領域と、を備え、

前記予備液浸領域は、前記露光中、前記液体が存在する第1領域と前記液体が存在しない第2領域が形成されるとともに、前記露光動作に伴って前記予備液浸領域内における前記第1領域と前記第2領域の位置が変化することを特徴とする露光装置。

- [13] 投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、前記投影光学系と前記基板との間に位置する液体及び前記投影光学系を介してパターン像を前記基板上に投影して、前記基板を露光する露光方法において、

前記液浸領域の外周に形成された予備液浸領域に、前記基板上に供給された液体の一部を配置する工程を有することを特徴とする露光方法。

- [14] 前記予備液浸領域に前記液体の一部を配置する工程は、前記基板の露光に先立って行われることを特徴とする請求項13に記載の露光方法。

- [15] 前記液浸領域及び前記予備液浸領域に前記液体を供給及び回収する工程を含み、

前記液浸領域及び前記予備液浸領域に供給される液体量は、回収される液体量よりも多いことを特徴とする請求項13に記載の露光方法。

- [16] 基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介してパターン像を前記基板上に投影して該基板を露光する露光装置であって、

前記液浸領域は、前記パターン像が投影される領域を含む第1領域と、該第1領域に隣接し、該第1領域との間で前記液体が相互に移動可能な第2領域と、を含むことを特徴とする露光装置。

- [17] 前記第2領域が前記第1領域の周囲に形成されるとともに、露光の際に前記基板が移動する方向に応じて前記第2領域で保持する液体の量に変化することを特徴とする請求項16記載の露光装置。

- [18] 前記第1領域と前記第2領域との境界を規定する第1の液体保持部と、前記第1領

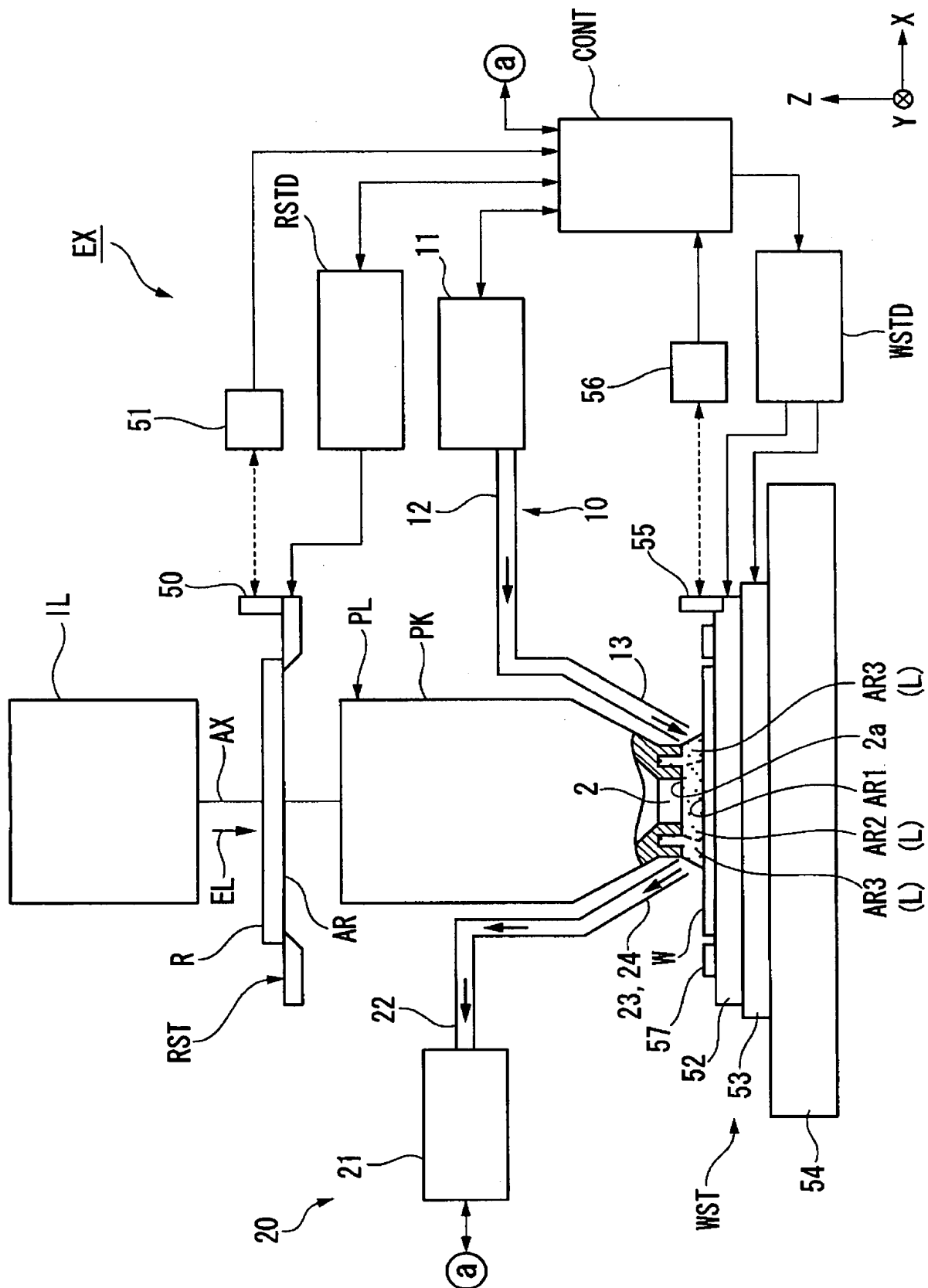
域とは接しない側で前記第2領域を規定する第2の液体保持部と、を備えることを特徴とする請求項16記載の露光装置。

- [19] 前記第1の液体保持部と前記第2の液体保持部の少なくとも一方は、前記基板の表面と交差する方向に延びた第1の面と、該第1の面と接し、前記基板と対向する第2の面とを含むことを特徴とする請求項18記載の露光装置。
- [20] 前記第1の液体保持部と前記第2の液体保持部は、前記第2領域が前記第1領域の周囲に形成されるとともに、露光の際に前記基板が移動する方向に応じて前記第2領域で保持される液体の量が規定されるように配置されていることを特徴とする請求項18記載の露光装置。
- [21] 前記液体は、前記第2の液体保持部で気体と接していることを特徴とする請求項18記載の露光装置。
- [22] 前記基板と対向するように配置される液体保持部材を備え、  
前記液体保持部材は、前記第1の液体保持部と前記第2の液体保持部とを含むとともに、前記第1の液体保持部と前記第2の液体保持部との間で前記基板と対向する面に形成された溝部を有することを特徴とする請求項18記載の露光装置。
- [23] 前記第1の液体保持部と前記第2の液体保持部との距離は、前記基板と前記液体保持部材との間の距離の5倍以上に設定されていることを特徴とする請求項22記載の露光装置。
- [24] 前記液体保持部材には、前記液浸領域に液体を供給する液体供給口または前記液浸領域から前記液体を回収する液体回収部の少なくとも一方が設けられていることを特徴とする請求項22記載の露光装置。
- [25] 前記液体供給口と前記液体回収部の少なくとも一方は、前記溝部に設けられていることを特徴とする請求項24記載の露光装置。
- [26] 基板上の一部に液体を供給して液浸領域を形成し、前記液体を介してパターン像を前記基板上に投影して該基板を露光する露光装置であって、  
前記液浸領域を形成するための液体保持部材を備え、  
前記液浸領域は、露光時に常に液体が保持される第1領域と、露光時に前記液浸保持部材との間で相対移動可能な第2領域とを含むことを特徴とする露光装置。

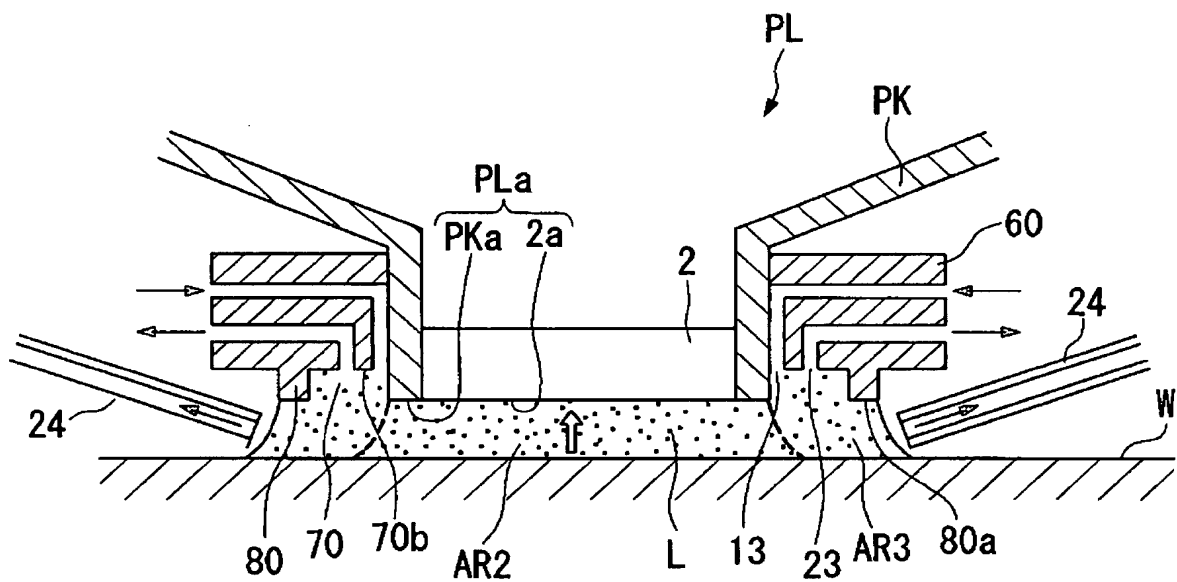


- [27] 前記液浸領域は、前記液体保持部材と前記液体との接触部によって規定され、前記第2領域の液体は前記接触部の周囲で気体と接していることを特徴とする請求項26記載の露光装置。
- [28] リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、前記リソグラフィ工程に請求項1から請求項12並びに請求項16から請求項27のうちいずれか一項に記載の露光装置、或いは請求項13から請求項15のうちいずれか一項に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。

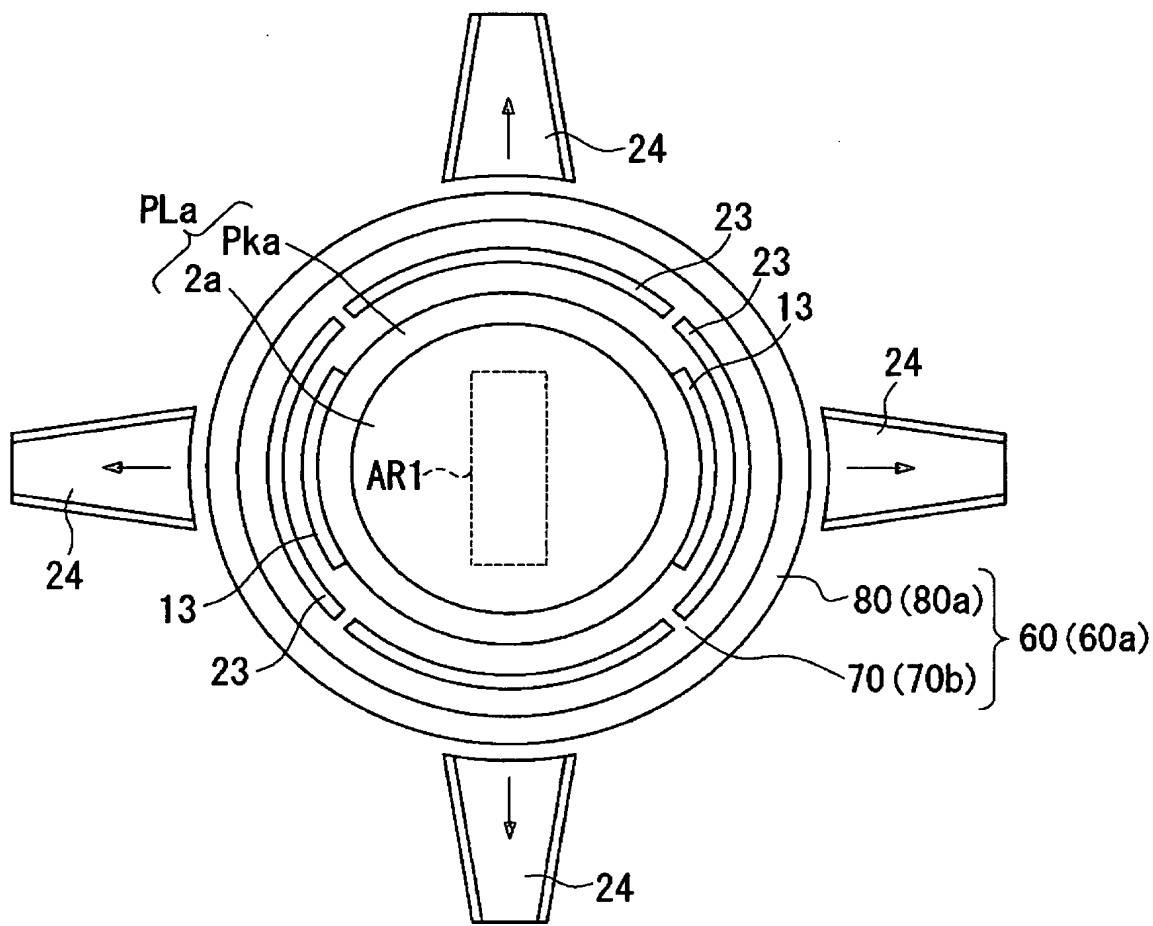
[図1]



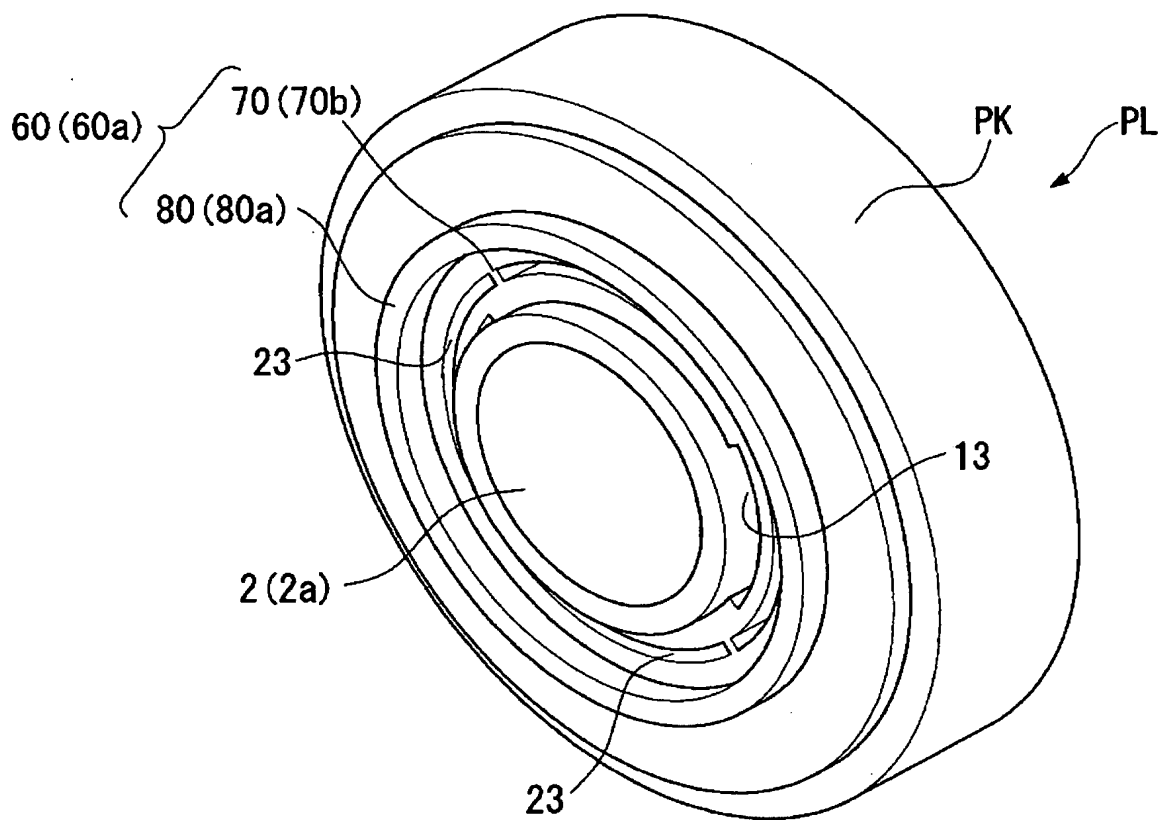
[図2A]



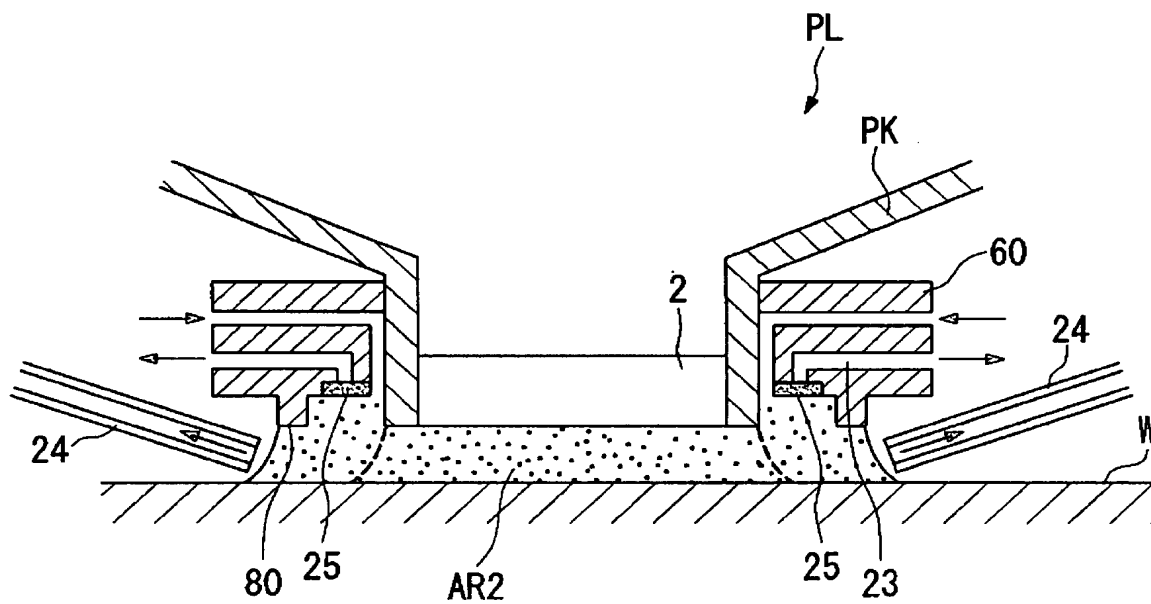
[図2B]



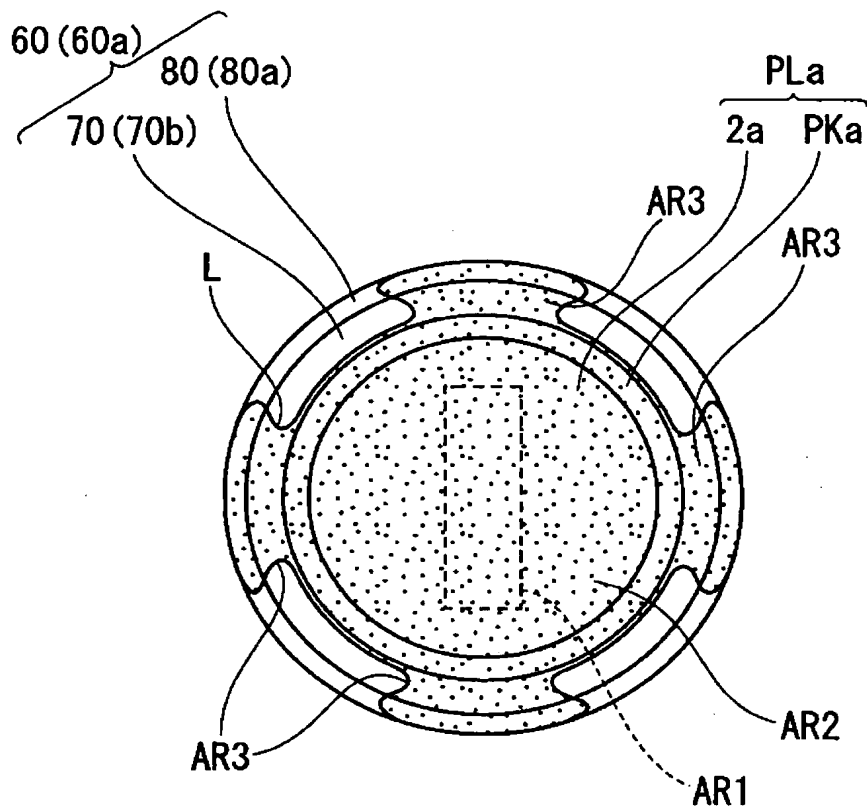
[図3A]



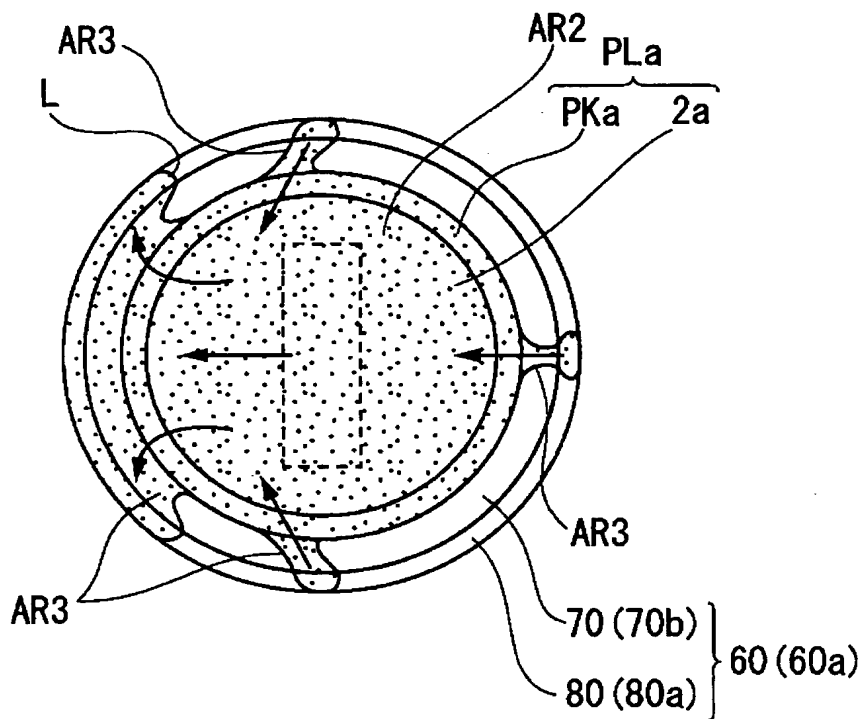
[図3B]



[図4]

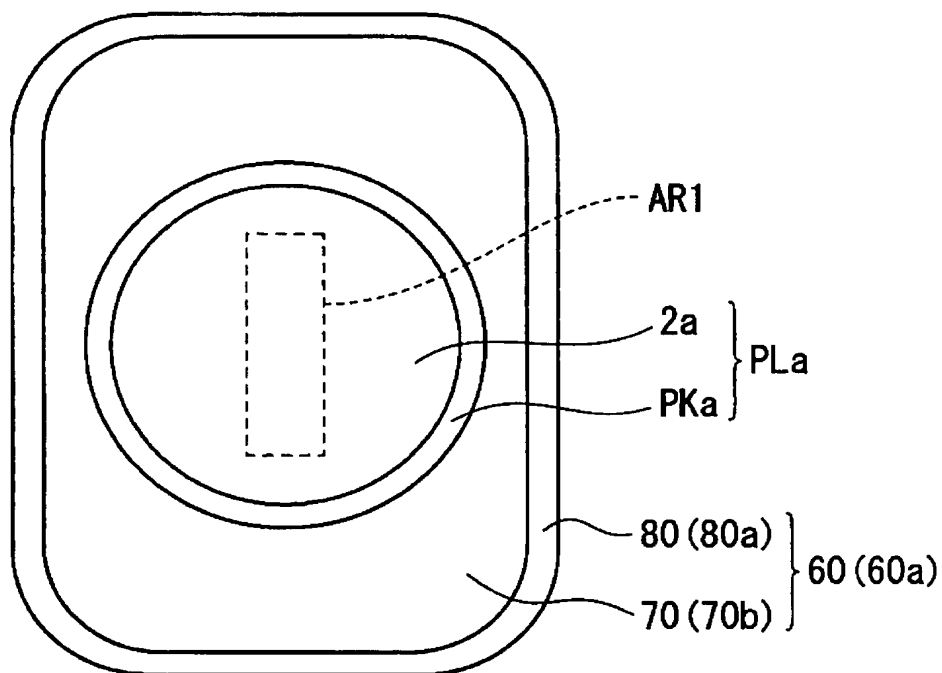


[図5]



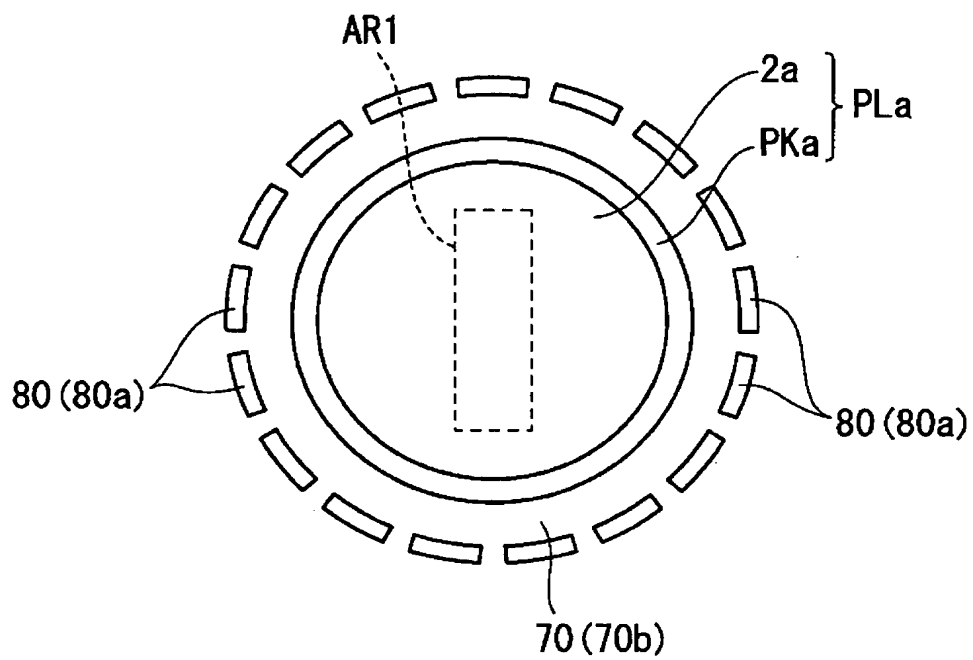
← ウエハの移動方向

[図6]

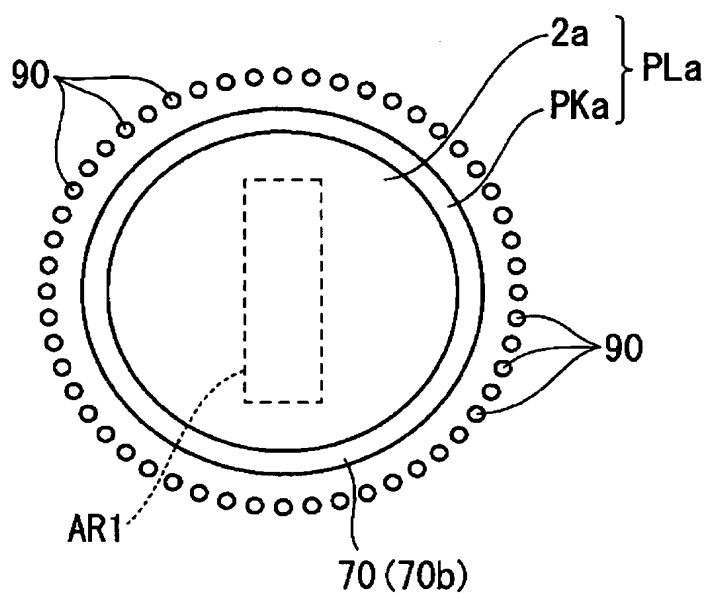


← 走査方向

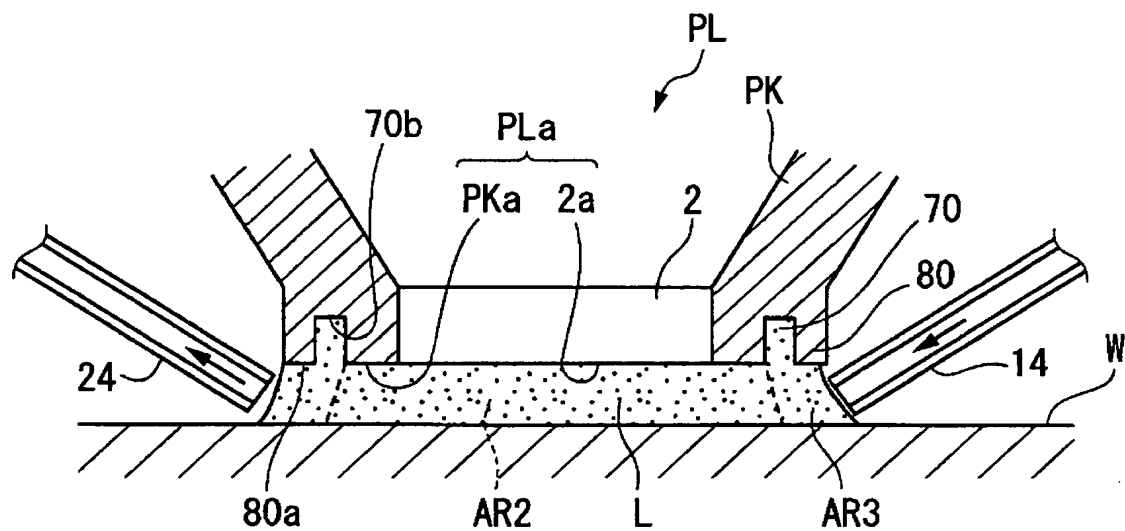
[図7A]



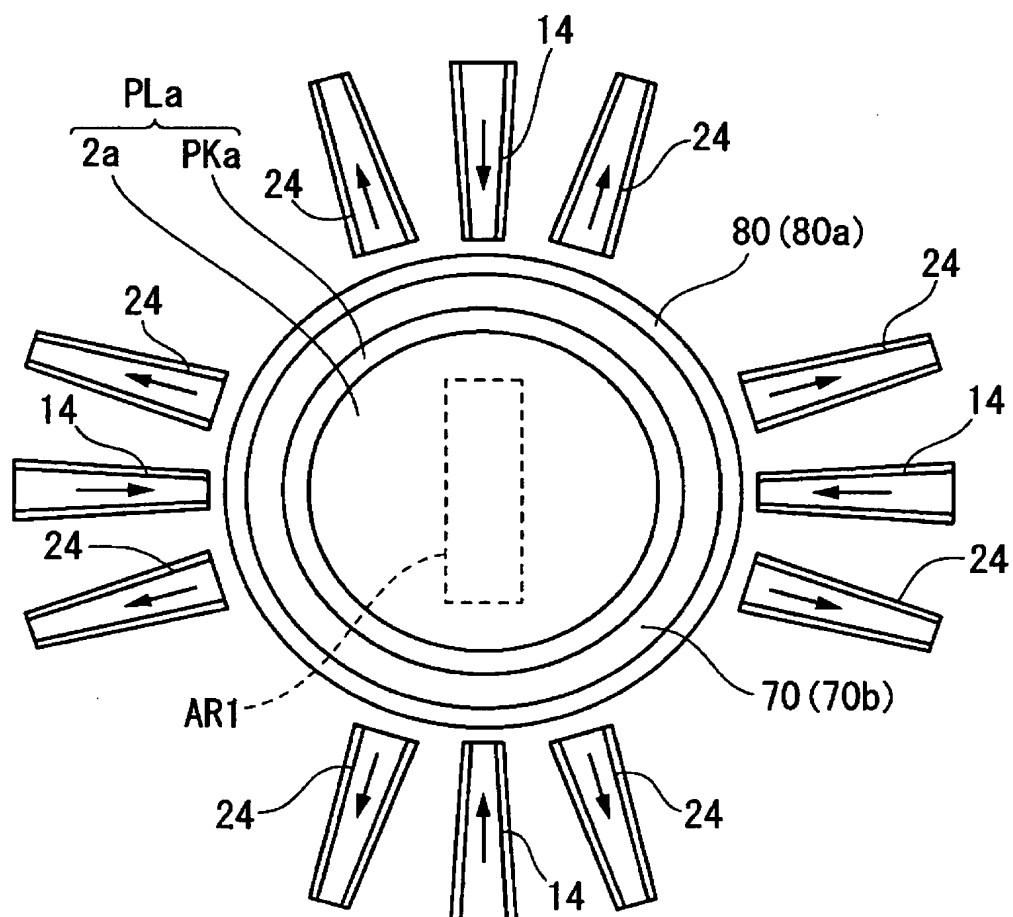
[図7B]



[図8A]

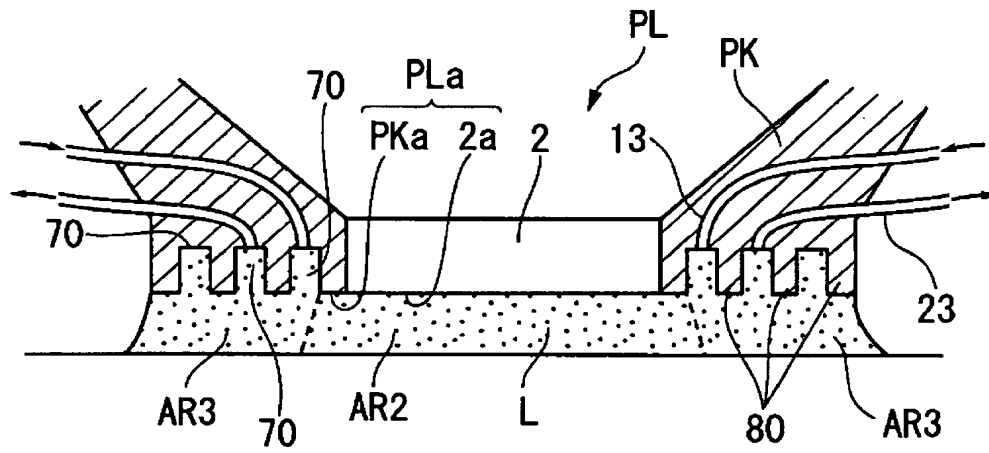


[図8B]

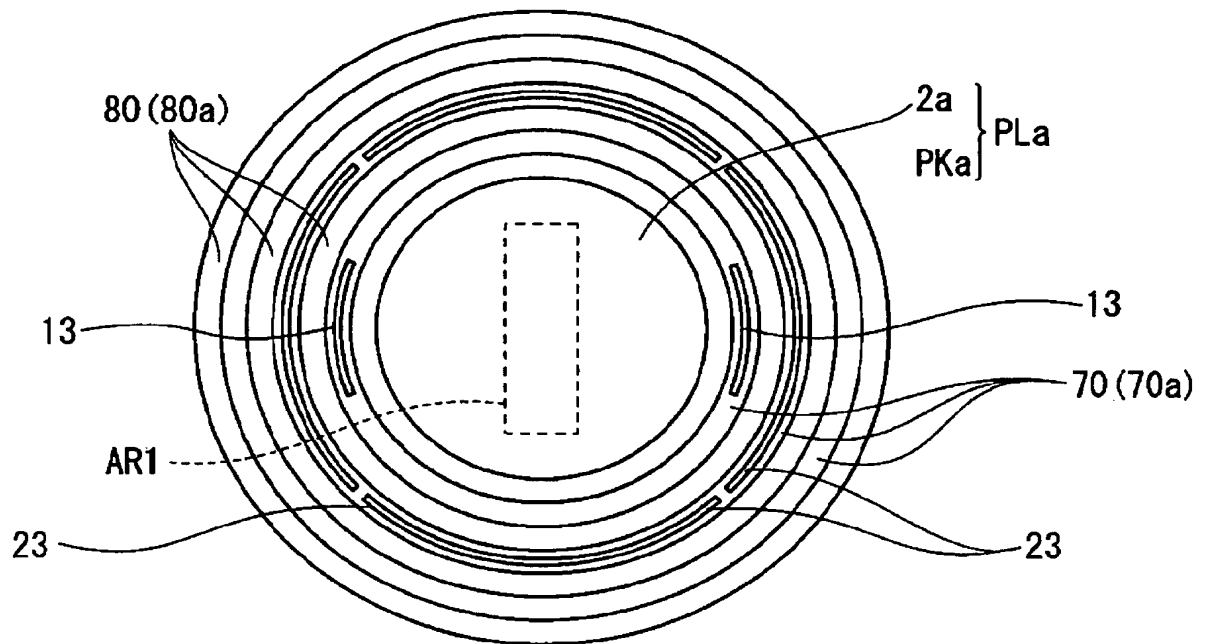




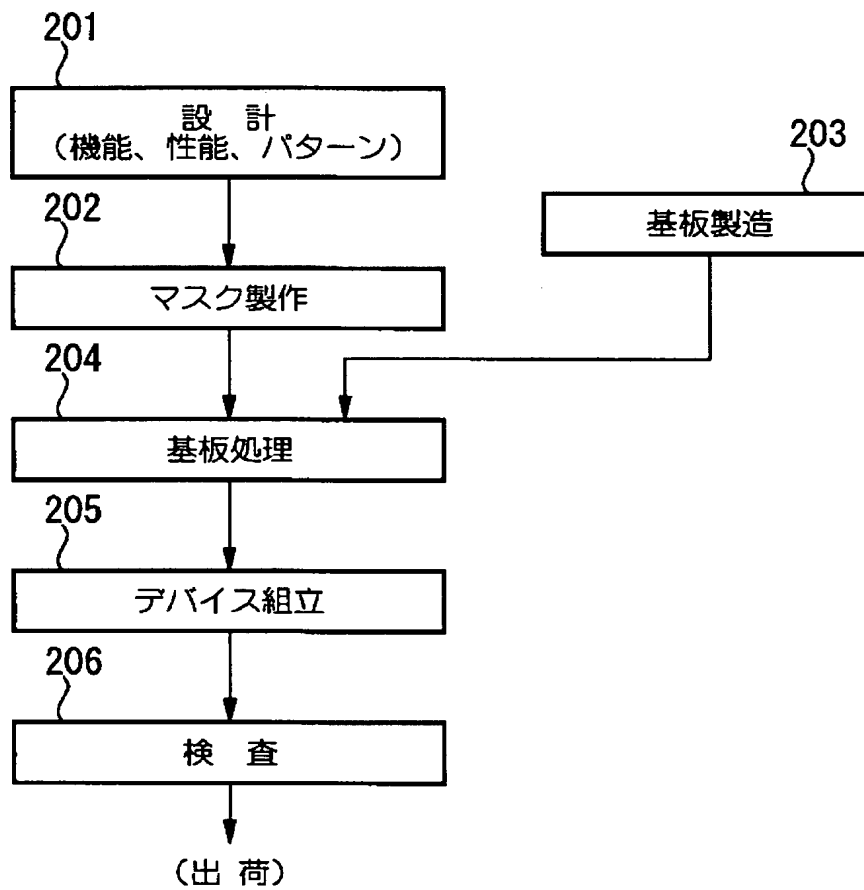
[図9A]



[図9B]



[図10]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2005-12228 A (ASML Holding N.V.), 13 January, 2005 (13.01.05), Claims; Par Nos. [0021] to [0027]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-5, 7, 9-11, 13, 14, 16-19, 21-28
E, A		6, 8, 12, 15, 20
E, X	JP 2004-320016 A (Nikon Corp.), 11 November, 2004 (11.11.04), Claims; Par Nos. [0005] to [0010]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-5, 7, 9, 10, 13, 14, 16-19, 21-28
E, A		6, 8, 11, 12, 15, 20
X	WO 1999/049504 A1 (Nikon Corp.), 30 September, 1999 (30.09.99), Claims; Figs. 1 to 5 & JP 2000-538378 A	1, 2, 12, 13, 16, 17, 26-28

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
25 January, 2005 (25.01.05)

Date of mailing of the international search report  
08 February, 2005 (08.02.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
EX	JP 2005-12228 A (エーエスエムエル ホールディング ナームローゼ フェンノートシャップ) 2005. 01. 13, 特許請求の範囲, 段落0021-0027, 図1-4 (ファミリーなし)	1-5, 7, 9-11, 13, 14, 16-19, 21-28
EA		6, 8, 12, 15, 20
EX	JP 2004-320016 A (株式会社ニコン) 2004. 11. 11, 特許請求の範囲, 段落0005-0010, 図1, 2	1-5, 7, 9, 10, 1
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 25. 01. 2005	国際調査報告の発送日 08. 2. 2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 新井 重雄	2M 8605
電話番号 03-3581-1101 内線 3274		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
EA	(ファミリーなし)	3, 14, 1 6-19, 2 1-28 6, 8, 1 1, 12, 1 5, 20
X	WO 1999/049504 A1 (株式会社ニコン) 199 9. 09. 30, 請求の範囲, 図1-5 & JP 2000-538 378 A	1, 2, 1 2, 13, 1 6, 17, 2 6-28